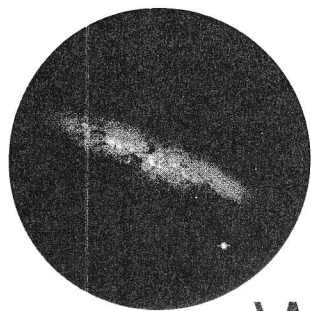


Poplątały ci się te wszystkie teorie? Nie martw się!



Zrozumieć współczesną kosmologię

P. James E. Peebles

Dla kosmologów nastały wspaniałe czasy – odkrycia sypią się jak z rękawa, wokół aż kipi od pomysłów, a obserwacje pozwalają efektywnie odsiewać ziarno od plew. Ale zarazem jest to czas pomieszania z poplątaniem. Wszystkie te nowe idee nie mogą przecież jednocześnie być prawdziwe. One nawet nie są niesprzeczne. Czy można zatem w ogóle mówić o postępie? Oto, co o tym wszystkim sądzę.

Pomimo całej tej gadaniny o obalanych kolejno teoriach kosmologom udało się stworzyć solidne podstawy naszej dyscypliny. Przez ostatnie 70 lat zgromadziliśmy wiele argumentów przemawiających za tym, że Wszechświat rozszerza się i stygnie. Po pierwsze, światło docierające z odległych galaktyk jest poczerwienione, tak jak powinno, jeśli przestrzeń się rozszerza, a galaktyki wzajemnie oddalają. Po drugie, przestrzeń jest wypełniona promieniowaniem termicznym, tak jak powinna, jeśli materia Wszechświata była w przeszłości gęstsza i gorętsza. Po trzecie, obserwujemy we Wszechświecie dużą ilość deuteru i helu, tak jak być powinno, jeśli kiedyś panowała w nim bardzo wysoka temperatura. Po czwarte, galaktyki odległe o miliardy lat świetlnych wyglądają na wyraźnie młodsze, tak jak powinny, skoro widzimy je w czasach bliższych epoce, kiedy galaktyki jeszcze nie istniały. I w końcu, krzywiżna czasoprzestrzeni wydaje się powiązana z materią zawartą we Wszechświecie, tak jak być powinno, jeśli Wszechświat rozszerza się zgodnie z ogólną teorią względności.

Rozszerzanie się i stygnięcie Wszechświata stanowi sedno teorii Wielkiego Wybuchu. Zauważcie, że nie użyłem słowa „eksplozja” – teoria Wielkiego Wybuchu mówi o tym, jak Wszechświat ewoluuje, a nie o tym, jak powstał.

Gromadzenie takich przekonujących argumentów czy to w kosmologii, czy w jakiegokolwiek innej dziedzinie nauki przypomina budowanie struktury nośnej jakiejś budowli. Chcąc wzmocnić całą konstrukcję, dodajemy powiązania poprzeczne między jej elementami, w tym wypadku wyniki różnego typu pomiarów. Rozszerzanie się Wszechświata jest już tak wszechstronnie potwierdzone, że uchodzi za pewnik. W tej chwili nikt poważnie nie kwestionuje teorii Wielkiego Wybuchu, gdyż jej elementy nazbyt dobrze do siebie pasują. Nawet najbardziej radykalna alternatywa – najnowsza wersja teorii stanu stacjonar-

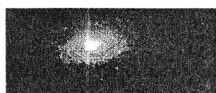
nego – nie podaje w wątpliwość, że Wszechświat rozszerza się i stygnie. Oczywiście, kosmolodzy wciąż toczą zażarte spory, ale nie dotyczą one zasadniczego trzonu teorii.

Nie wiemy na przykład, co działo się z Wszechświatem, zanim zaczął się rozszerzać. Teoria inflacji jest efektownym uzupełnieniem Wielkiego Wybuchu, ale wciąż brakuje jej owych wzmacniających powiązań poprzecznych. To właśnie nimi zajmują się ostatnio kosmolodzy [patrz: „Echa Wielkiego Wybuchu”, strona 22]. Jeśli wyniki przeprowadzanych obecnie pomiarów będą zgodne z jednoznacznymi przewidywaniami teorii inflacji, to uznamy je za przekonujący argument na jej rzecz. Jednak zanim to nastąpi, nie dałbym głowy, czy inflacja w ogóle się zdarzyła. Nie odrzucam inflacji jako takiej; uważam jedynie, że jest to śmiała, pionierska koncepcja, czekająca dopiero na potwierdzenie.

Znacznie lepiej potwierdzono, że większość masy Wszechświata stanowi ciemna materia skupiona w zewnętrznych częściach galaktyk. Dysponujemy również mocnymi argumentami na rzecz osławionej stałej kosmologicznej Einsteina czy czegoś w tym rodzaju. Miałby to być czynnik odpowiedzialny za przyspieszanie kosmicznej ekspansji, które zdajemy się aktualnie obserwować. Przed 10 laty kosmolodzy na ogół pozytywnie przyjmowali ciemną materię jako elegancki sposób wyjaśnienia ruchów gwiazd i gazu w galaktykach, podczas gdy stała kosmologiczna budziła u większości z nich wręcz niesmak; natomiast dziś powszechnie uznają bądź ją samą, bądź pokrewną koncepcję kwintesencji [patrz: „Wszechświat kwintensencyjny”, strona 30]. Z kolei fizycy cząstek elementarnych chętnie podejmują wyzwanie, jakie stała kosmologiczna stanowi dla teorii kwantowej. Ta radykalna zmiana opinii nie świadczy o słabości kosmologii, lecz o tym, że znajduje się ona w fazie twórczego chaosu, z którego powoli wyłaniają się zręby zasadniczej konstrukcji. Jesteśmy uczniami w szkole natury i kształtujemy nasze pojęcia z lekcji na lekcję.

Ostatnio na tych lekcjach dowiedzieliśmy się, że kosmiczna ekspansja ulega przyspieszaniu; miałyby o tym świadczyć jasności pobliskich i dalekich supernowych, wiek najstarszych gwiazd, zakrzywianie promieni światła przez odległe masy i fluktuacje temperatury mikrofalowego promieniowania tła na sferze niebieskiej [patrz: RAPORT SPECJALNY „Rewolucja

Zasadnicza struktura teorii Wielkiego Wybuchu zawiera już dostatecznie wiele wewnętrznych powiązań, abyśmy mogli być pewni, że przetrwa.



■ CENZURKA DLA NAJWAŻNIEJSZYCH KONCEPCJI TEORETYCZNYCH

Koncepcja	Ocena	Uwagi
Wszechświat powstał z niezwykle gorącego i gęstego stanu początkowego	6+	Przekonujące argumenty z różnych obszarów fizyki i astronomii
Wszechświat rozszerza się zgodnie z przewidywaniami ogólnej teorii względności	6-	Dotychczas zdała wszystkie sprawdziany, ale nie były one zbyt rygorystyczne
Ciemna materia złożona z egzotycznych cząstek stanowi większość masy w galaktykach	5+	Wiele argumentów pośrednich, ale cząstki te dopiero muszą być odkryte, a alternatywne wyjaśnienia wykluczone
Większość masy we Wszechświecie występuje w postaci jednorodnie-rozmieszczonego w przestrzeni składnika, który działa jak stała kosmologiczna Einsteina, powodując przyspieszanie ekspansji	5-	Zachęcająca zgodność z najnowszymi obserwacjami, ale należy znacznie poprawić dokładność i rozwikłać problemy teoretyczne
Wszechświat wyłonił się z fazy inflacyjnej	brak oceny	Elegancka teoretycznie, ale brak jej bezpośredniego potwierdzenia, a ponadto wymaga znacznej ekstrapolacji praw fizyki

ROBERT GENDLER

w kosmologii"; *Świat Nauki*, marzec 1999]. Pomimo tak imponującego zestawu argumentów za realnością stałej kosmologicznej wciąż niepokoi mnie wiele szczegółów, w tym ewentualne sprzeczności z ewolucją galaktyk i ich rozmieszczeniem w przestrzeni. Teoria przyspieszającego Wszechświata jest budowlą w trakcie tworzenia. Podziwiam wspaniałą architekturę, ale nie mam jeszcze ochoty w niej zamieszkać.

A jak odnosić się do doniesień medialnych o postępie w kosmologii? Nie mam zaufania do artykułów napisanych na podstawie rozmowy z jedną tylko osobą. Badania naukowe są przedsięwzięciem złożonym i zagmatwanym. Nawet najbardziej doświadczonemu uczonemu zachowanie dystansu przychodzi z trudem. Skąd pewność, że akurat temu człowiekowi się to udało? Wprawdzie nawet cała społeczność naukowa może podążać złym tropem, ale to zdarza się znacznie rzadziej. Dlatego też cieszę się, gdy widzę, że dziennikarz dołożył starań, by poznać poglądy wielu specjalistów z danej dziedziny i uzyskał zgodną opinię, iż jakiś wynik jest istotny. Rezultat naukowy staje się godny uwagi, gdy innym udaje się go powtórzyć, lecz o wyniku przekonującym możemy mówić dopiero wtedy, gdy wiele niezależnych argumentów prowadzi do tego samego wniosku. Za najlepsze informacje o nauce w mediach uważam te, które nie tylko prezentują najnowsze odkrycia i idee, lecz opisują zarazem niezmiernie ważny, choć często żmudny proces ich weryfikacji i rozbudowy wewnętrznych powiązań struktury teorii.

Inflacja, kwintesencja i inne koncepcje, które są dziś przedmiotem sporów, z czasem albo zostaną na stałe dołączone do zasadniczej struktury teorii, albo się je zarzuci i zastąpi czymś lepszym. W pewnym sensie sami pozbawiamy się pracy. Wszechświat jest jednak, łagodnie mówiąc, układem skomplikowanym i naiwnością byłoby przypuszczać, że w najbliższym czasie zabraknie owocnych tematów badań naukowych. Całe obecne zamieszanie świadczy jedynie o tym, że w kosmologii trwa właśnie wytężona praca, podobnie jak rweś i pokrzykiwania na placu budowy.

Tłumaczył
Stanisław Bajtlik

P. JAMES E. PEEBLES to jeden z najwybitniejszych kosmologów. Brał aktywny udział w pionierskich badaniach mikrofalowego promieniowania tła i rozkładu masy we Wszechświecie. Otrzymał najwyższe wyróżnienia w astronomii, w tym w 1982 roku Nagrodę Heinemana, w 1993 roku tytuł wykładowcy Henry'ego Norrisa Russella przyznawany przez American Astronomical Society, a w 1995 roku Medal Bruce'a od Astronomical Society of the Pacific. Obecnie jest profesorem honorowym Princeton University.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

EWOLUCJA WSZECHŚWIATA. P. James E. Peebles, David N. Schramm, Edwin L. Turner i Richard G. Kron; *Świat Nauki*, grudzień 1994.

WSZECHŚWIAT INFLACYJNY. W POSZUKIWANIU NOWEJ TEORII POCHODZENIA KOSMOSU. Alan H. Guth; Prószyński i S-ka, 2000.

PRZED POCZĄTKIEM. NASZ WSZECHŚWIAT I INNE WSZECHŚWIATY. Martin Rees; Prószyński i S-ka, 1999.

THE ACCELERATING UNIVERSE: INFINITE EXPANSION, THE COSMOLOGICAL CONSTANT, AND THE BEAUTY OF THE COSMOS. Mario Livio i Allan Sandage; John Wiley & Sons, 2000.

CONCLUDING REMARKS ON NEW COSMOLOGICAL DATA AND THE VALUES OF THE FUNDAMENTAL PARAMETERS. P. James E. Peebles; *IAU Symposium 201: New Cosmological Data and the Values of the Fundamental Parameters*. Red. A. N. Lasenby, A. W. Jones i A. Wilkinson; sierpień 2000. Preprint dostępny pod adresem: <http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/0011252>.